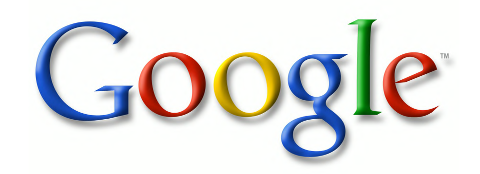




Die electrische Telegraphie.

Von

Dr. W. Siemens.

Berlin, 1866.

C. G. Lüderitz'sche Verlagsbuchhandlung.
A. Charisius.

Die electrische Telegraphie oder die Fernschreibekunst, von dem griechischen tele — fern — und graphein — schreiben — so genannt, ist gänzlich ein Kind unseres an großen Entdeckungen und tief in das sociale Leben der Menschheit eingreifenden Erfindungen so reichen Jahrhunderts. Es finden sich zwar schon ältere Mittheilungen über Vorschläge oder Einrichtungen, um mit Hülfe der damals allein bekannten Reibungselectricität Nachrichten aus einem Zimmer in ein benachbartes zu senden, doch waren das unfruchtbare electrische Spielereien, die man nicht als den ersten Schritt zur jetzigen electrischen Telegraphie ansehen kann.

Erst die wichtigen Entdeckungen der italienischen Gelehrten Galvani und Volta am Schluß des vorigen Jahrhunderts führten zur Kenntniß des dauernden electrischen oder galvanischen Stromes und schufen dadurch die Grundlage des electrischen Telegraphen. Alessandro Volta, welcher zuerst erkannte, daß verschiedene Metalle durch Berührung entgegengesetzt electrisch werden, und daß die vermittelst eines kupfernen Hakens am Eisengitter aufgehängten Froschschenkel Galvani's deswegen zuckten, weil ein electrischer Strom sie durchlief, welcher ferner durch diese Erkenntniß zur Construction der galvanischen Kette geführt wurde und uns mit wichtigen Eigenschaften des durch sie erzielten dauernden galvanischen Stromes bekannt machte, verdient mithin mit Recht, als der eigentliche Stammvater des electrischen Telegraphen genannt zu werden.

Aus dem Vortrage des Dr. Rosenthal im 9. Hefte dieser Sammlung, welchen ich im Nachstehenden als bekannt voraussetze, ist ersichtlich, daß eine dieser Eigenschaften des electrischen Stromes darin besteht, daß er beim Durchgange durch gesäuertes Wasser dieses in seine chemischen Bestandtheile — Sauerstoff und Wasserstoff — zersetzt. Schon wenige Jahre, nachdem Volta's Entdeckungen bekannt geworden waren, im Jahre 1808, machte der Münchener Arzt Dr. Sömmering den Vorschlag, diese Eigenschaft des electrischen Stromes zur Herstellung einer electrischen Telegraphenverbindung entfernter Orte zu benutzen. Er wollte die beiden Orte durch so viele isolirte d. h. von einander und vom Erdboden überall durch Nichtleiter der Electricität getrennte Metalldrähte verbinden, als das Alphabet Buchstaben enthält. An jedem Orte sollte ein mit gesäuertem Wasser gefülltes Glasgefäß und eine Klaviatur aufgestellt werden. Die Flüssigkeiten der beiden Glasgefäße standen durch einen besonderen Draht, dessen Enden in das Wasser tauchten, in leitender Verbindung mit einander. Außerdem waren in jedem der Glasgefäße 26 Goldspitzen angebracht, von denen jede mit einem Buchstaben des Alphabets deutlich bezeichnet war. Die gleichbezeichneten Spitzen standen durch einen der Drähte in leitender Verbindung mit einander. Setzte man nun an einem der beiden Orte einen der zwei Spitzen mit einander verbindenden Drähte durch Niederdrücken der gleichbezeichneten Taste der Klaviatur mit dem einen Pole einer galvanischen Kette oder Batterie in leitende Verbindung, deren anderen Pol mit dem 27. Drahte, welcher die in den Gefäßen befindlichen Flüssigkeiten leitend verband, in Verbindung: so mußte ein electrischer Strom entstehen, welcher von dem einen Pol der Batterie ausging, den Draht bis zur anderen Station durchlief, dort von der Goldspitze durch das Wasser zum gemeinschaftlichen Rückleitungsdraht und durch diesen zum ande-

ren Pole der Batterie zurückkehrte. Es begann dann eine Entwickelung von Gasbläschen an der betreffenden Goldspitze, woraus der Beobachter erkennen konnte, welche Taste sein Korrespondent niedergedrückt hatte, welchen Buchstaben er ihm mithin bezeichnen wollte. Dieser brauchte also nur in langsamer Reihenfolge die zu machende Mittheilung durch Niederdrücken der entsprechenden Tasten abzubuchstabiren, um sie ihm verständlich zu machen.

Sömmering stellte diesen ersten electrischen Telegraphen der Münchener Academie vor. Zur practischen Anwendung ist er aber nicht gekommen, da die große Zahl der nöthigen Drähte, die Schwierigkeit ihrer Isolation und auch wohl die Neuheit der Sache vor der Ausführung zurückschreckten. Demohngeachtet gebührt Sömmering das Verdienst, zuerst den großen practischen Nutzen erkannt zu haben, welchen die Entdeckung Volta's der Menschheit zu bringen im Stande war, und man kann ihn daher den Erfinder des electrischen Telegraphen nennen.

Das größte Hinderniß der Anwendung des Sömmering'schen Telegraphen bestand jedenfalls in der großen Zahl von Drähten, welcher er bedurfte. Professor Schweigger in Erlangen schlug daher vor, anstatt der 26 Goldspitzen nur zwei zu nehmen und diese durch zwei Leitungsdrähte mit einander zu verbinden. Mit Hülfe einer passenden mechanischen Vorrichtung sollte derjenige, welcher eine telegraphische Mittheilung machen wollte, im Stande sein, seine Batterie in der einen oder anderen Richtung zwischen die beiden Drähte zu bringen, d. h. entweder den positiven oder Kupferpol der Batterie mit dem ersten, und den negativen oder Zinkpol mit dem zweiten Drahte in leitende Verbindung zu bringen, oder umgekehrt den positiven mit dem zweiten und den Zinkpol mit dem ersten. Da bekanntlich das Wasserstoffgas, welches sich an derjenigen Goldspitze entwickelt, die mit dem negativen Batteriepole

verbunden ist, einen doppelt so großen Raum einnimmt, wie das gleichzeitig an der anderen Goldspitze entwickelte Sauerstoffgas, so konnte ein aufmerksamer Beobachter der beiden Spitzen aus der größeren Zahl von Gasbläschen, die sich an der einen oder anderen Spitze bildeten, erkennen, mit welcher sein Korrespondent den negativen Pol seiner Batterie verbunden hatte. Schweigger schlug nun vor, man solle sich über ein Alphabet vereinbaren, in welchem jeder Buchstabe durch eine bestimmte Reihenfolge von Gasentwickelungen der beiden Arten — also stärkerer Gasentwickelung an der ersten oder an der zweiten Spitze — bezeichnet würde. Hatte sowohl der Geber der telegraphischen Mittheilung wie der Empfänger dies Alphabet im Kopfe, so konnte mit Hülfe zweier Dräthe dasselbe erreicht werden, was Sömmering mit 27 Drähten erzielte.

Eine practische Folge konnte der Vorschlag Schweigger's damals so wenig wie der Sömmering's haben, da die Kenntniß der Gesetze des galvanischen Stromes noch zu unvollständig und die Technik noch nicht weit genug vorgeschritten war, um alle sich der Ausführung entgegenstellenden Schwierigkeiten überwinden zu können. Er war aber insofern von großer Wichtigkeit, als er zuerst zeigte, daß man vermittelst eines einzigen Leitungskreises durch zusammengesetzte Zeichen für die einzelnen Buchstaben oder andere telegraphische Signale vollständige telegraphische Mittheilungen machen könnte.

Eine zweite Periode der allmähligen Entwicklung der electrischen Telegraphie knüpft sich an die Entdeckung Oersted's in Kopenhagen im Jahre 1820. Oersted fand, daß der electrische Strom die frei schwebende Magnetnadel ablenkt, wenn er parallel mit derselben über oder unter ihr fortgeführt wird, und daß die Richtung dieser Ablenkung abhängig ist von der Richtung des electrischen Stromes.

Hierdurch war ein neues Mittel gegeben, das Vorhanden-

sein und die Richtung eines electrischen Stromes in einem Drahte zu erkennen. Ampère in Paris, welcher diese Eigenschaft des electrischen Stromes näher studirte, machte auch bereits im Jahre 1820 den Vorschlag, die Ablenkung der Magnetnadel anstatt der Wasserzersetzung zur Construction eines electrischen Telegraphen zu benutzen. Er schlug vor, an der entfernten Station so viele Magnetnadeln aufzuhängen, wie das Alphabet Buchstaben hat. Unter jeder Nadel sollte ein Draht fortgeführt werden, welcher zur anderen Station und zurück ging und durch den man mit Hülfe einer Klaviatur electrische Ströme senden könnte. Die Nadeln sollten leichte Schirme tragen, welche die dahinter stehenden Buchstaben verdeckten. Wurden die Nadeln nach einander abgelenkt, so wurden die bisher verdeckten Buchstaben in gleicher Reihenfolge sichtbar und man brauchte sie nur abzulesen, um die Nachricht zu erfahren.

Fechner in Leipzig beschäftigte sich mit der Vereinfachung dieses Vorschlages in gleichem Sinne, wie Schweigger den Sömmering'schen Vorschlag modificirte. Er wollte nur zwei Drähte und eine Magnetnadel verwenden und die Ablenkungen derselben nach rechts und links als Elementarzeichen verwenden, aus welchen ein Alphabet zusammengesetzt werden sollte. Schweigger und Poggendorff hatten damals bereits gefunden, daß die Kraft, mit der der über oder unter der Magnetnadel gleichlaufend mit ihr fortgeführte electrische Strom dieselbe ablenkt, sich bedeutend dadurch verstärken läßt, daß man den Draht in vielen Windungen in gleicher Richtung um die Nadel herumführt. Um dies ausführen zu können, ohne der Electricität Gelegenheit zu geben, von einer Windung zur anderen überzugehen, wurde der Umwindungsdraht dicht mit Seide umsponnen. Da die Seide den electrischen Strom nicht leitet, also ein Isolator für Electricität ist, so konnte die Electricität

nicht direct von einer Windung zur anderen übergehen, mußte sie mithin alle der ganzen Länge nach durchlaufen. Mit Hülfe eines solchen Schweigger'schen Multiplicators ist schon ein sehr schwacher Strom befähigt, eine Magnetnadel schnell und kräftig abzulenken. Fechner erwies hieraus die Möglichkeit, auch weit von einander entfernte Orte telegraphisch mit einander zu verbinden, und berechnete die Zahl und Größe der Plattenpaare oder Zellen, welche die Batterie zu dem Zwecke haben mußte.

Es war hiermit die wissenschaftliche Grundlage für einen brauchbaren electrischen Telegraphen gegeben und in der That sind die noch jetzt an vielen Orten, namentlich in England, in Gebrauch befindlichen Nadeltelegraphen im Wesentlichen mit Fechner's Vorschlage übereinstimmend.

Eine dritte Periode der Entwickelung der Telegraphie knüpft sich an die Entdeckungen Arago's in Paris und Faraday's in London. Arago fand, daß der electrische Strom benachbartes Eisen magnetisch macht, daß gehärteter Stahl den in ihm so erzeugten Magnetismus größtentheils dauernd behält, weiches Eisen ihn jedoch sofort fast vollständig wieder verliert, wenn der electrische Strom aufhört. Diese Wirkung tritt besonders kräftig auf, wenn man den Strom wie beim Schweigger'schen Multiplicator, in vielen Windungen um einen Eisenstab herumlaufen läßt. Der Eisenstab wird dadurch ein kräftiger Magnet, welcher benachbartes Eisen anzieht. Wird die leitende Verbindung des Umwindungsdrahtes mit den Polen der Batterie irgendwo unterbrochen, so hört auch der Magnetismus des Eisenstabes auf und dieser läßt das angezogene Eisen wieder fallen. Die beschriebene Wirkung eines solchen Electromagnetes ist besonders kräftig, wenn man dem mit isolirtem Draht umwundenen Eisenstabe die Form eines Hufeisens

giebt und dessen beide End- oder Polflächen der anzuziehenden Eisenplatte gegenüberstellt.

Ebenso wichtig ist die Entdeckung Faraday's. Wenn man zwei Metalldrähte gleichlaufend in geringer Entfernung von einander ausspannt und die Enden des einen Drahtes in einem weiten Bogen mit einander verbindet, so entsteht in diesem ein kurzer electrischer Strom, wenn man die Enden des anderen Drahtes mit den Polen einer galvanischen Batterie verbindet, also einen electrischen Strom in ihm erzeugt. So lange dieser Strom fortdauert, bemerkt man keinen Strom in dem Nebendrahte, unterbricht man ihn aber, so entsteht im Nebendrahte wieder ein kurzer Strom von gleicher Stärke wie der erste war, aber von entgegengesetzter Richtung. Man drückt dies auch so aus, daß ein electrischer Strom beim Entstehen in benachbarten Leitern einen kurzen Strom von entgegengesetzter, beim Aufhören einen eben solchen Strom von gleicher Richtung erzeugt oder inducirt. Eben solche vorübergehende Ströme wechselnder Richtung werden in Leitern der Electricität durch entstehenden und verschwindenden Eisen- oder Stahlmagnetismus hervorgebracht. Besonders kräftig tritt diese Erscheinung auf, wenn man eine Rolle aus übersponnenen Kupferdraht auf eine magnetische Stahlstange steckt oder den Stahlmagnet schnell aus ihr herauszieht. Man kann aber auch statt dessen eine Stange von weichem Eisen in der Drahtrolle stecken lassen und die Stange auf die vorher beschriebene Weise durch den electrischen Strom einer galvanischen Kette magnetisiren und durch Unterbrechung der Kette den Magnetismus wieder verschwinden lassen. In beiden Fällen erhält man in der Drahtrolle kurze Ströme wechselnder Richtung, welche man inducirte oder auch magneto-electrische Ströme nennt.

Gauß und Weber in Göttingen benutzten diese Entdeckung Faraday's zur Construction eines electrischen Telegraphen. Der-

selbe unterschied sich von den bisherigen wesentlich dadurch, daß die electrischen Ströme nicht durch eine galvanische Batterie, sondern durch Stahlmagnete erzeugt wurden. Im übrigen befolgten sie den Vorschlag Fechner's, nur einen Leitungskreis anzuwenden und das Alphabet aus Gruppen zweier Elementarzeichen, der Nadelablenkung nach rechts und nach links, zusammenzusetzen. Anstatt der leichten Magnetnadel wandten Gauß und Weber jedoch einen stärkeren Magnetstab mit einem kleinen Spiegel an, in welchem sie das Bild eines beleuchteten Maßstabes mit enger Theilung vermittelst eines Fernrohrs beobachteten. Da hiermit auch die kleinste Drehung des an einem Seidenfaden aufgehängten Magnetstabes deutlich zu erkennen war, so brauchte die an dem andern Orte zwischen den Polen zweier kräftiger Magnetstäbe aufgestellte Drahtrolle, welche mit den dortigen Enden der beiden Leitungsdrähte verbunden war, nur ein wenig nach dem einen oder andern Magnetpol hin- und wieder zurückbewegt zu werden, um ein deutliches Zucken des Maßstabes im Spiegel nach rechts oder links sichtbar zu machen.

Dieser Telegraph von Gauß und Weber verdient noch deswegen besondere Beachtung, weil er zuerst wirklich ausgeführt wurde und vom Jahre 1833 bis zum Jahre 1844 zur telegraphischen Verbindung zwischen dem magnetischen Observatorium in Göttingen und der Sternwarte diente. In diesem Jahre schlug ein Blitz in diese erste über die Stadt Göttingen fortgeführte Leitung und zerstörte sie vollständig.

Angeregt durch die glänzenden Erfolge Gauß und Weber's, beschäftigte sich Steinheil in München mit der practischen Ausbildung des electrischen Telegraphen. Seine Telegraphenanlage, welche das Academiegebäude in München mit der in dem benachbarten Orte Bogenhausen befindlichen Sternwarte verband und zwei Zwischenstationen hatte, war im Jahre 1837 vollen-

det und somit die zweite, welche wirklich ins Leben trat. Steinheil bediente sich ebenfalls der durch Stahlmagnete erzeugten oder magneto-electrischen Ströme anstatt der galvanischen. Bei den empfangenden Apparaten führte er den Multiplicatordraht um 2 kleine, so hinter einander stehende, Magnetnadeln, daß der Südpol der einen und der Nordpol der andern einander sehr nahe standen. Ging mithin ein electrischer Strom durch die Leitung und den Multiplicatordraht, welcher in sie eingeschaltet war, also einen Theil derselben bildete, so wurden beide Nadeln in gleichem Sinne nach rechts oder links — je nach der Richtung des Stromes — gedreht, es trat mithin immer eins der benachbarten Enden derselben aus dem Multiplicator hervor, während das andere sich zurückbewegte. Steinheil versah nun diese mittleren Nadelenden mit kleinen Farbebehältern, die an der äußeren Seite fein durchbohrte Spitzen hatten. Vor diesen Spitzen ward durch ein Uhrwerk ein Papierstreifen vorbeigeführt. Wurde nun eine Depesche gegeben, so berührte die eine oder andere Spitze, je nachdem ein positiver oder negativer Strom die Leitung durchlief, das Papier und hinterließ auf demselben einen farbigen Punkt. Die Depesche wurde auf diese Weise auf dem Papierstreifen niedergeschrieben. Steinheil gebührt daher das Verdienst, den ersten Schreibtelegraphen erdacht und practisch ausgeführt zu haben. Auch acustische Signale benutzte Steinheil zuerst, indem er den nicht mit einem Farbebehälter versehenen äußeren Enden seiner Magnetnadeln kleine Glöckchen von verschiedener Tonhöhe gegenüberstellte. Dieselben dienten nicht nur dazu, die Aufmerksamkeit des Empfängers zu erregen. Dieser konnte auch den Inhalt der Mittheilung durch das Gehör verstehen. Endlich gelang es Steinheil auch, die Zahl der nothwendigen Leitungsdrahte auf einen einzigen herabzusetzen, indem er den Schließungskreis des electrischen Stromes durch

die Erde selbst vervollständigte. Bekanntlich leitet das Wasser die Electricität, wenn auch im reinen Zustande nur schwach. Versenkt man daher an jedem Ende einer isolirten Drahtleitung eine hinlänglich große Metallplatte in ein offenes Wasser oder in den feuchten Erdboden, so ersetzt der die Electricität leitende feuchte Erdboden den zweiten oder Rückleitungsdraht. Da ein Draht — sowie jeder andere Leiter — die Electricität um so besser leitet, je größer sein Querschnitt ist und der von einer verstärkten Platte zur anderen gehende Strom sich beliebig in der feuchten Erdrinde ausbreiten kann, ja streng genommen, sie immer in allen ihren Theilen durchlaufen muß — so vertritt die Erde die Stelle eines Leitungsdrahtes von ungeheurer Dicke, der also sehr gut leitet, obschon er aus schlecht leitendem Material besteht.

Gleichzeitig mit Steinheil beschäftigte sich auch Schilling von Cannstedt aus den russischen Ostseeprovinzen mit der Verbesserung des electrischen Telegraphen. Im Principe war sein Telegraph mit dem Fechner'schen Vorschlage übereinstimmend, doch führte er mehrere practische Verbesserungen ein. Namentlich verband er mit ihm einen Wecker, ein Uhrwerk mit Glocken, welches durch die erste Ablenkung der Nadel ausgelöst wurde.

Wie aus dem bisherigen ersichtlich, hat der Gedanke des electrischen Telegraphen sich langsam im Laufe eines viertel Jahrhunderts entwickelt. Jeder wissenschaftlichen Entdeckung, durch welche bessere Mittel zu seiner Verwirklichung gegeben wurden, folgten sofort Vorschläge zur verbesserten Construction des electrischen Telegraphen. Es ist daher die Frage, wer der eigentliche Erfinder desselben ist, nicht zu beantworten. Die Erfindung war das Product des Geistes unseres Jahrhunderts, welcher sich dadurch so wesentlich von allen früheren Jahrhunderten unterscheidet, daß er auf das Studium der Naturerscheinungen gerichtet ist, ihre Gesetze zu ergründen und sie dem

Menschen dienstbar zu machen sucht. Wenn auch in älteren Zeiten ein gleiches Streben vielfach vorhanden war und auch damals schon ein wesentlicher Schatz von Erfahrungen und Kenntnissen angesammelt wurde, so blieb derselbe doch nur im engen Kreise bekannt. Erst nachdem der Buchdruck erfunden war und in Folge dessen der Gedanke oder die Beobachtung des Einzelnen schnell Gemeingut der ganzen gebildeten Welt wurde, konnte sich der gewaltige Schatz des Wissens und Könnens ansammeln, welcher den wahren Reichthum des Menschengeschlechtes und die unerschöpfliche Quelle bildet, die ihm mit jedem Jahre neue Kräfte und neue Mittel zur Verbesserung und Verschönerung seines Daseins zuführt!

Während der Gelehrte die Beobachtungen sammelt, erweitert und systematisch zur Naturwissenschaft ordnet und entwickelt, sinnt der Gewerbtreibende, der Techniker darüber nach, wie er diese Erweiterung des Wissens zur Verbesserung seines Gewerbes oder zu neuen Erzeugnissen verwenden kann. Jeder Gedanke wirkt befruchtend und erzeugt in andern Köpfen neue, die, wenn auch an und für sich vielleicht unbrauchbar, doch ihrerseits wieder den Ausgangspunkt wichtiger Erfindungen bilden können. So ist auch die Telegraphie entstanden und nach und nach zu ihrer jetzigen, noch vor einigen Decennien kaum zu fassenden Bedeutung herausgebildet.

Bis zum Schlusse der 3. Periode, vor etwa 30 Jahren, waren es namentlich deutsche Gelehrte, welche den Gedanken der electrischen Telegraphie erfaßten und pflegten. Jetzt bemächtigte sich die Industrie dieses Gedankens und wir sehen einen Wettlauf aller gebildeten Nationen beginnen, um ihn practisch zu entwickeln und zu verwerthen. In dieser nun beginnenden 4. oder practischen Periode übernimmt zuerst die angloſächsische Race, welche sich durch eine mehr practische Richtung vor andern auszeichnet, die Führung. Der Amerikaner Morse und

der Engländer Wheatstone erwarben sich besondere Verdienste um die Construction practisch brauchbarer Telegraphenapparate, die zweckmäßige Anlage der Leitungen und die Einführung des electrischen Telegraphen ins öffentliche Leben. Da der Morse'sche Telegraph die Grundlage des jetzigen großen Welttelegraphen-Netzes geworden ist, so soll er hier eingehender beschrieben werden, während der beschränkte Raum dieser Blätter nur eine flüchtige Uebersicht über die unzähligen übrigen Constructionen gestattet. Morse benutzte zur Construction seines Telegraphen die schon erwähnte Entdeckung Arago's, daß der electrische Strom benachbartes Eisen vorübergehend magnetisirt. Ist der Umwindungsdraht eines Electromagnetes zwischen das Ende einer Telegraphenleitung und die Erde eingeschaltet, so wird der Anker so lange von ihm angezogen, wie ein Strom die Leitung durchläuft, und fällt wieder ab, wenn der Strom unterbrochen wird. Nach Steinheil's Vorgange führte Morse einen Papierstreifen vor einer abgerundeten Spitze vorüber, welche am Ende eines um einen Zapfen drehbaren Hebels befestigt war. An diesem Hebel war der Anker des Electromagnetes befestigt. Durchlief ein Strom die Windungen desselben, und ward der Anker dadurch angezogen, so ward die Spitze in das Papier etwas eingedrückt und bildete auf demselben einen Punkt, wenn die Anziehung nur einen Augenblick dauerte, einen Strich dagegen, wenn der Strom eine größere Dauer hatte. Am andern Ende der Leitung befand sich ein Drücker, auch Schlüssel oder Taster genannt. Durch Niederdrücken desselben setzte derjenige, welcher eine Nachricht telegraphiren wollte, die mit dem Drücker verbundene Leitung in leitende Verbindung mit dem einen Pole einer galvanischen Batterie, deren anderer Pol mit der Erde verbunden war. Der Schließungskreis der Batterie war nun hergestellt, der Strom durchlief den ganzen Leitungskreis, mithin auch die Windungen des am andern Ende

des Leitungsdrahtes eingeschalteten Magnetes. Dieser zog seinen Anker an und es begann auf dem durch das Laufwerk fortgezogenen Papierstreifen ein Strich, welcher sich so lange fortsetzte, bis der Strom durch Loslassen des durch eine Feder zurückgezogenen Drückers wieder unterbrochen wurde.

Der Telegraphist konnte mithin nach Belieben Punkte und Striche auf dem Papierstreifen erzeugen und dieselben durch beliebig lange Zwischenräume von einander trennen. Hatte er nun ein aus zwei Elementarzeichen — hier also aus Punkten und Strichen — combinirtes Alphabet, wie Schweigger es vorschlug, im Kopfe, so konnte er sich seinem Korrespondenten leicht und sicher verständlich machen.

Der Morse'sche Telegraph unterschied sich vom Steinheil'schen also wesentlich dadurch, daß ersterer Electromagnete anstatt der Magnetnadeln benutzte und seine auf dem Papierstreifen verzeichneten Buchstaben und sonstigen Zeichen aus Punkten und Strichen, anstatt aus Punkten in zwei Linien zusammensetzte. Man nennt daher daher alle Telegraphenapparate, welche diese Eigenschaften haben, Morse'sche Telegraphen, wie verschieden sie auch sonst vom ursprünglichen Morse'schen Telegraphen sein mögen.

Da der electrische Strom dadurch sehr geschwächt wird, daß er lange und dünne Drähte zu durchlaufen hat, so bedurfte man sehr starker Batterien, um dem Electromagnete die zur Eindrückung des Papierstreifens nothwendige Kraft mitzutheilen. Dieser Uebelstand ward dadurch beseitigt, daß man ein sogenanntes relais oder Uebertrager mit dem Schreib-Apparate verband. Dies relais besteht aus einem kleinen Electromagnet, welcher in die Leitung eingeschaltet wird. Ueber den Polen dieses Magnetes befindet sich ein Anker, welcher sich leicht um eine seitlich angebrachte Axe dreht. Die Bewegung des Ankers wird durch zwei Anschläge, von denen der eine

aus Metall besteht, auf ein enges Maaß begränzt und, während der Magnetismus ihn an diesen Anschlag heranzieht, zieht eine Feder ihn wieder zum anderen zurück, wenn der electrische Strom aufhört. Zur Ausführung dieser geringen Bewegung genügt ein äußerst schwacher Strom durch die Leitung und die Windungen des relais. Der Ankerhebel des relais und der metallische Anschlag oder Contact desselben bilden nun Theile des Schließungskreises einer zweiten, am Orte des Empfängers befindlichen, Batterie, in welcher auch der Electromagnet des Schreib-Apparates eingeschaltet ist. Diese Hülfskette ist also geschlossen und der Anker des Schreibmagnetes, welcher die Eindrücke auf dem Papierstreifen ausführt, kräftig angezogen, so lange ein Strom die Hauptkette, also die Leitung und das relais, durchläuft. Hört dieser Strom auf, so hört auch der Strom in der Hülfskette auf und der durch diese während der Schließung gemachte Strich wird unterbrochen.

Wenn auch in neuerer Zeit in Deutschland Mittel gefunden sind, mit Hülfe derer man die Punkte und Striche der Morseschrift nicht mehr durch Eindrücken des Papierstreifens, sondern vermittelst schwarzer oder farbiger Oelfarbe auf dem Papier verzeichnet, und daher jetzt das relais entbehren kann, so ist es doch seiner Anwendung beim Morse'schen Telegraphen vorzugsweise zuzuschreiben, daß dieser Telegraph zu so allgemeiner Verwendung gekommen ist.

Doch auch mit Hülfe des relais ist die Länge der Leitung, welche man zum Schließungskreise einer Batterie benutzen kann, eine begränzte. Erst durch die in Deutschland erfundene Translation ist die Wirkungssphäre des Morse'schen Telegraphen eine unbegränzte geworden. Ohne Zeichnungen und specielle Beschreibung läßt sich diese Einrichtung im Detail nicht faßlich beschreiben. Es genüge hier anzudeuten, was mit derselben erreicht wird. Ohne Translation ist, wie schon gesagt, die Sprech-

weite des Morse'schen Telegraphen eine begränzte. Sollten die Depeschen über diese Gränze hinausgehen, so mußte der Telegraphist der ersten Empfangstation die Depesche vom Papierstreifen ablesen und sie mit der Hand auf einen neuen Leitungskreis weiter geben. Dies wiederholt sich am Ende des zweiten Leitungskreises u. s. f. Natürlich werden durch dies häufige Ablesen und Weitergeben der Depeschen sich häufig Irrthümer einschleichen, die sie schließlich oft ganz unverständlich machen. Die Translationseinrichtung bewirkt nun, daß der empfangende Apparat selbst automatisch die Punkte und Striche, welche er erhält, als kurze und lange Ströme wiedergiebt, daß also der Apparat selbst die Thätigkeit des weitergebenden Telegraphisten ausübt.

In Deutschland ist das Morse'sche System später noch weiter entwickelt, indem man auch die Depeschengabe durch die Hand des Telegraphisten ganz beseitigt hat. Es geschieht dies dadurch, daß man Typen, wie zum Buchdruck, gießt, welche mit passenden Vorständen an der oberen Kante vorstehend sind. Diese Typen sind mit dem Buchstaben bezeichnet, welchen sie im Morse'schen Alphabete hervorbringen, wenn sie unter einem kleinen Hebel fortgeführt werden, der die Hand des Telegraphisten zu ersetzen bestimmt ist. Sind die Typen nun in richtiger Reihenfolge in einen geeigneten Mechanismus gebracht, so braucht man sie mit Hülfe desselben nur schnell unter dem Hebel fortzuführen, um die Depesche dem Orte des Adressaten zuzusenden. Es wird hierdurch allerdings eine größere Arbeit bedingt, da das Zusammensetzen der Depesche und das spätere Auseinanderlegen der Typen mehr Zeit erfordert wie das Fortgeben der Depesche mit der Hand, dagegen sind aber Irrthümer ausgeschlossen, da man die Depeschen vor der Fortgabe nachlesen kann und da die ankommende Schrift mechanisch correct, also immer sicher lesbar ist. Außerdem ge-

währt diese mechanische Depeschengabe den großen Vortheil, daß man sie sehr viel schneller ausführen kann, wie es mit der Hand möglich ist, man also durch einen disponibelen Draht in derselben Zeit sehr viel mehr — etwa 5 bis 6 mal so viel — Depeschen geben kann. Die lästige Arbeit des Setzens und Sortirens der Typen wird zuverlässig in nächster Zeit durch Construction geeigneter Setz- und Sortirungsmaschinen bedeutend vereinfacht werden.

Wie man sieht, ist auch bei der Telegraphie das Bestreben vorherrschend, die Handarbeit durch die gleichmäßigere und schnellere Maschinenarbeit zu ersetzen.

Gleichzeitig mit Morse beschäftigte sich Wheatstone in England mit der Ausbildung und Einführung des electrischen Telegraphen. Er verfolgte dabei zwei wesentlich verschiedene Richtungen, indem er zuerst den Fechner'schen Nadeltelegraphen wesentlich verbesserte und später Zeiger- und Drucktelegraphen construirte. Die Nadeltelegraphen Wheatstone's sind noch jetzt in England und einigen anderen Ländern vielfach in Anwendung und zwar theils als einfache Nadelapparate, theils als Doppelnadel-Telegraphen mit zwei Magnetnadeln, von denen jede mit einem besonderen Leitungsdrahte communicirt. Die Ablenkungen der Nadeln sind durch elfenbeinerne Stifte, gegen welche die Nadeln schlagen, auf ein enges Spiel begränzt, so daß ein geübtes Auge an ihren Stellungen schnell und sicher den Buchstaben erkennen kann, welcher mitgetheilt wird.

Die große Einfachheit dieser Apparate verschaffte ihnen in der Kindheit der Telegraphie eine ausgedehnte Anwendung. Man ist von ihnen aber später größtentheils zum Morse'schen System übergegangen, da die dauernd auf dem Papierstreifen verzeichnete Morseschrift größere Sicherheit der richtigen Wiedergabe der Nachrichten bietet wie das flüchtige Nadelspiel. Wheatstone selbst suchte einige Jahre später diese Unsicherheit der Ablesung

der Depeschen durch die Construction des Zeigertelegraphen zu beseitigen. Bei diesem sind die Buchstaben des Alphabets auf einem Zifferblatte im Kreise verzeichnet, ähnlich wie die Zahlen auf dem Zifferblatte einer Uhr. Durch eine Reihenfolge von kurzen electrischen Strömen, welche durch die Leitung geschickt werden, wird ein Zeiger auf denjenigen Buchstaben geführt, auf welchen die Aufmerksamkeit des Empfängers gelenkt werden soll. Es geschieht dies vermittelst eines Zahnrades, das auf der Axe befestigt ist, um welche sich der Zeiger dreht, und welches eben so viele Zähne hat, wie Buchstaben oder sonstige Zeichen sich auf dem Zifferkreise befinden. In die Zähne des Zahnrades greift ein kleiner Haken, welcher an dem Anker eines Electromagnetes befestigt ist. Durchläuft nun ein Strom die Windungen des Electromagnetes, so wird das Rad und mit ihm der Zeiger um einen Schritt fortbewegt. Wird der Strom unterbrochen, so geht der Anker in seine ursprüngliche Stellung zurück, indem er über den nächsten Zahn des durch einen Sperrkegel festgehaltenen Rades hinfortgeht. Ein zweiter Strom bringt den Zeiger um einen zweiten Schritt weiter u. s. f., jeder Strom einen Schritt. Die gebende Station kann also den Zeiger des Apparates der Empfangstation durch eine geeignete Anzahl von kurzen Strömen, die sie durch die Leitung schickt, auf jedes beliebige Zeichen des Zifferblattes stellen. Folgen sich die kurzen Ströme in einem schnellen Tempo so lange, bis der Zeiger sein Ziel erreicht hat, und tritt dann eine kleine Pause ein, so kann der Empfänger leicht erkennen, welche Buchstaben oder anderweitige Zeichen sein Korrespondent bezeichnen wollte. Die Erzeugung der nöthigen Zahl von Strömungen, um den Zeiger von dem zuletzt mitgetheilten Buchstaben auf den zunächst mitzutheilenden fortzubewegen, bewirkte Wheatstone durch Drehung einer Kurbel auf einem Theilkreise, welcher dieselben Buchstaben und sonstigen Charactere in gleicher Reihenfolge trug, wie sie auf dem Ziffer-

blatte des Empfangsapparates sich befanden. Die Kurbel war durch einen Nichtleiter der Electricität, wie Elfenbein oder Holz, vom metallenen Theilkreise isolirt. Die Oberfläche desselben bestand abwechselnd aus leitenden und nichtleitenden, d. i. mit Elfenbein ausgelegten Feldern. An der Kurbel befand sich eine Metallfeder, welche über diese Felder des Theilkreises fortschleifte, wenn sie gedreht wurde. War nun der Theilkreis des Gebers mit dem freien Pole einer zur Erde abgeleiteten Batterie und die Kurbel mit dem Leitungsdraht leitend verbunden, so entstand jedesmal ein Strom in derselben, wenn die Feder ein metallisches Feld passirte, und derselbe hörte wieder auf, wenn sie auf ein nichtleitendes überging. Bewegte man also die Kurbel von einem Buchstaben bis zu irgend einem andern fort, so mußte auch der Zeiger des Empfängers bis zu demselben Buchstaben fortrücken, oder mit andern Worten Kurbel und Zeiger mußten stets auf denselben Buchstaben zeigen. Das Telegraphiren bestand also einfach darin, daß der Geber der Depesche die Kurbel nach einander auf alle Buchstaben der mitzutheilenden Nachricht stellte und der Empfänger die Buchstaben ablas, auf welchen der Zeiger einen Augenblick still stand.

Dieser einfachste Zeigertelegraph Wheatstone's wurde theils schon von ihm selbst, theils von Andern vielfach verändert und verbessert. Durch Einführung eines Uhrwerkes, welches den Zeiger des Empfängers fortbewegte und eine Einrichtung, welche man in der Uhrmacherei ein Echappement nennt, konnte die Zahl der nöthigen Ströme, um den Zeiger von einem Buchstaben zu einem andern zu bewegen, auf die Hälfte reducirt werden, indem der Anzug des Ankers sowohl wie sein Abfall den Zeiger um einen Schritt vorwärts bewegte. Anderseits wurde die Wheatstone'sche Kurbel ganz beseitigt, indem man die Herstellung und Unterbrechung des Stromes durch den Electromagnet selbst ausführen ließ. Bei dieser, hier nicht näher zu beschreibenden, Einrichtung waren

die Electromagnete der an beiden oder mehreren Stationen befindlichen Empfangsapparate gleichzeitig in die Leitung eingeschaltet. Die Apparate bildeten selbstthätige electromagnetische Maschinen, deren Zeiger immer gleichzeitig den Buchstabenkreis durchliefen. Jeder Apparat war mit Tasten versehen, welche mit den entsprechenden Buchstaben des Zifferkreises versehen waren. Ward eine Taste niedergedrückt, so durchliefen die Zeiger sämmtlicher im Leitungskreise befindlichen Apparate den Theilkreis des Zifferblattes bis zu dem Buchstaben, dessen Taste niedergedrückt war und blieben hier so lange stehen, wie die Taste niedergedrückt erhalten wurde. Die Depeschengabe geschieht bei diesem selbstthätigen Zeigertelegraphen mithin dadurch, daß der, welcher eine Depesche geben oder sprechen will, wie man es gewöhnlich ausdrückt, auf den Tasten seines Apparates die Depesche abspielt. Die Zeiger aller eingeschalteten Apparate stehen dann bei jedem zu gebenden Zeichen einen Augenblick still und machen es dadurch den Beobachtern erkenntlich.

An die Zeigertelegraphen schließen sich die eigentlichen Drucktelegraphen an. Schon Wheatstone verband mit seinem noch sehr unvollkommenen Zeigertelegraphen eine Druckvorrichtung. Dasselbe thaten auf andere Weise die Constructeure späterer Zeigertelegraphen. Sie besteht im Wesentlichen immer darin, daß anstatt des Zeigers eine Scheibe gedreht wird, an deren Peripherie sich gewöhnliche Buchdrucktypen befinden. Durch Mechanismen, deren Beschreibung hier übergangen werden muß, wird der Buchstabe, bei welchem der Apparat einen Augenblick still steht, auf einem Papierstreifen abgedruckt, welcher nach Ausführung des Abdrucks etwas vorrückt, um dem nächsten Buchstaben Platz zu machen. Die Depesche erscheint dann auf dem Papierstreifen wie gewöhnlicher Buchdruck.

Eine weitere Verbesserung des Wheatstone'schen Zeigertelegra-

phen besteht in der Einführung magnetoelectrischer Ströme zur Fortbewegung der Zeiger anstatt der galvanischen Batterieströme. Wenn man die Pole eines Electromagnetes den Polen eines kräftigen Stahlmagnetes schnell nähert, so entsteht in den Windungen des Electromagnetes während der Annäherung ein kurzer electrischer Strom. Entfernt man den Electromagnet wieder, so entsteht ein eben solcher Strom von entgegengesetzter Richtung. Bringt man nun mit der Kurbel des Wheatstone'schen Zeigertelegraphen einen Electromagnet in derartige mechanische Verbindung, daß die Pole desselben sich beim Fortgang der Kurbel von einem Buchstaben zum nächsten den Polen eines Stahlmagnetes nähern und beim nächsten Schritt der Kurbel wieder von ihm entfernen, so erhält man so viel Ströme, wie Buchstabenfelder von der Kurbel durchlaufen werden. Durchlaufen diese Ströme anstatt der Batterieströme die Leitung und die Windungen der Electromagnete der eingeschalteten Empfangsstationen, so ist dadurch das Mittel gegeben, die Zeiger der letzteren in gleicher Weise in Uebereinstimmung mit der Kurbel zu erhalten, wie es bei Anwendung galvanischer Ströme der Fall war.

Die bisher beschriebenen Zeiger- und Drucktelegraphen erhalten sämmtlich den übereinstimmenden Gang des Empfängers mit dem Geber durch eine Reihe von kurzen Strömen, von welchen jeder einzelne oder jedes Paar entgegengesetzter Ströme die Zeiger oder Druckräder um einen oder zwei Schritte weiterführt. Der Engländer Bain construirte einen Drucktelegraphen nach einem andern Principe. Er ließ die Typenscheiben durch Uhrwerke drehen, welche einen genau gleichen Gang hatten. Durch einen electrischen Strom, der den Telegraphendraht durchlief, wurden diese Uhrwerke gleichzeitig ausgelöst und durch Unterbrechung des Stromes wieder angehalten. Gingen die Uhrwerke wirklich gleich schnell, so mußten die Zeiger oder Druckwerke immer

auf demselben Buchstaben stehen bleiben, wenn sie vor der Ingangsetzung eine gleiche Stellung hatten. Es ist daher hier nicht die Zahl der Ströme, sondern die Zeitdauer der Ströme, welche die Stellung des Zeigers oder Druckrades bestimmt. Durch den Amerikaner Hughes ist dieser Apparat in neuerer Zeit wesentlich verbessert und druckt jetzt telegraphische Nachrichten mit einer überraschenden Sicherheit und Schnelligkeit, die ihm eine dauernde Verwendung neben dem Morse'schen Schreibtelegraphensystem zu sichern scheint.

Außer den bisher beschriebenen drei Telegraphensystemen, welche in größerem Maßstabe zur Anwendung gekommen sind, dem Nadeltelegraphen, dem Schreib-, und dem Zeiger- und Drucktelegraphen sind noch mehrere andere in Vorschlag gebracht und auch zur Anwendung gekommen. So schlug Vorsselmann de Heer schon 1839 einen auf die physiologische Wirkung des electrischen Stromes basirten Telegraphen vor. Die Finger des Empfängers sollten bei demselben in den telegraphischen Schließungskreis eingeschaltet werden durch Berührung metallischer Knöpfe, welche das Ende der Leitungen bildeten. Jeder Strom, welcher eine Leitung durchlief, erzeugte dann ein krampfhaftes Zucken des betreffenden Fingers, woraus erkannt werden konnte, in welcher Leitung ein electrischer Strom erzeugt war und wie lange derselbe dauerte. An Stelle des Weckers sollte der Telegraphist an seinem Körper zwei mit den Drähten in leitender Verbindung stehende Metallplatten tragen, welche ihm dann die fühlbare Aufforderung brachten, seine Finger zum Empfang einer Depesche auf die Metallknöpfe zu legen!

Wie bereits früher mitgetheilt, verband schon Steinheil mit seinen Telegraphen kleine Glocken von verschiedener Tonhöhe, durch welche der Empfänger einer Depesche befähigt wurde, dieselbe durch das Gehör zu verstehen. Solche acustische Telegraphen sind später von Andern mehrfach construirt, sie konnten aber

ebenso wenig wie die Nadel- und Zeigertelegraphen den Schreib- und Drucktelegraphen gegenüber, welche die Depeschen dauernd lesbar machen, das Feld behaupten. Dagegen haben solche acustische Telegraphen, welche nicht vollständige Nachrichten, sondern einige bestimmte Signale geben sollen, eine sehr allgemeine Anwendung gefunden. Man bedient sich ihrer als Wecker, um die Aufmerksamkeit des Telegraphisten auf seinen Empfangsapparat zu lenken, als electrische Glockenzüge, und besonders in Deutschland in großem Maßstabe als Signalapparate für die Beamten der Eisenbahn, um denselben den Abgang eines Zuges von der nächsten Station anzuzeigen. Bei diesen Läutewerken der Eisenbahnen wird die Bewegung der schweren Hämmer, welche die großen auf den Häuschen der Bahnwärter angebrachten Glocken ertönen lassen, natürlich nicht vom electrischen Strome direct ausgeführt, sondern durch das Gewicht eines Uhrwerkes, dessen Auslösung durch die Anziehung eines kleinen Magnetankers durch den electrischen Strom bewirkt wird.

Auch die zersetzende oder chemische Wirkung des electrischen Stromes ist zur Construction verschiedenartiger Telegraphenapparate benutzt worden. Bekanntlich war der erste electrische Telegraph, der Sömmering'sche, ein electrochemischer, indem die Signale durch Wasserzersetzung sichtbar gemacht wurden. Außer dem Wasser zersetzt aber der electrische Strom auch viele in Wasser gelöste Metallverbindungen, indem er das Metall aus denselben abscheidet. So kann man durch den electrischen Strom Kupfer, Silber, Gold, Nickel und andere Metalle auf der Oberfläche anderer metallener Körper oder auf leitenden Formen ablagern, wie es bei der galvanischen Versilberung, Vergoldung und der Galvanoplastik geschieht. Besonders leicht und schon durch sehr schwache Ströme wird unter andern das Jodkalium, so wie das blausauere Eisen durch den electrischen Strom zersetzt. Tränkt man einen Papierstreifen mit einer Lö-

sung derartiger Salze und läßt denselben im feuchten Zustande durch ein Uhrwerk unter einer Metallspitze fortziehen, welche ihn gegen ein unter dem Papierstreifen befindliches Metallstück drückt; so hinterläßt die Spitze auf dem Papiere so lange einen dunklen Strich, wie ein Strom von der Spitze durch das Papier geht. Man kann also eine solche Einrichtung nach des Engländers Bain Vorschlage anstatt des Morse'schen Telegraphenmechanismus zur Fixirung der Morseschrift benutzen. Der Engländer Bakewell begründete hierauf schon im Jahre 1847 seinen electrochemischen Copirtelegraphen. Dieser Apparat erregt dadurch besonderes Interesse, daß er die Handschrift des Absenders der Depesche selbst oder auch bildliche Darstellungen zu reproduciren im Stande ist. An jedem der beiden Orte, welche durch einen isolirten Leitungsdraht mit einander verbunden sind, befindet sich eine metallene Walze. Auf der einen ist mit einer isolirenden Lackdinte die Depesche geschrieben oder das zu telegraphirende Bild gezeichnet. Die Walze der andern Station ist mit einem Blatte chemisch präparirten feuchten Papiers bekleidet. Durch sorgfältig regulirte Uhrwerke können beide Walzen in genau gleicher Geschwindigkeit um ihre Axe gedreht werden. Auf der Oberfläche jeder Walze schleift eine Metallspitze, welche mit der anderen durch den isolirten Leitungsdraht verbunden ist. Stehen nun die beiden Metallwalzen selbst durch einen zweiten Draht oder die Erde in leitender Verbindung mit einander und ist in dem so hergestellten Leitungskreise irgendwo eine galvanische Batterie eingeschaltet, so würde er stets von einem Strome durchlaufen und hierdurch auf dem Papierstreifen ein ununterbrochener farbiger Strich gebildet werden, wenn nicht durch die Lackschicht der Schrift jedesmal eine kurze Unterbrechung des Stromes herbeigeführt würde, wenn die Spitze über einen Schriftzug fortgeht. Diese Uebergänge über die Schriftzüge zeigen sich mithin auf dem Papier als weiße Punkte in der

schwarzen Linie. Durch eine einfache Vorrichtung werden die Spitzen nach jeder Umdrehung der Walzen etwas seitwärts geschoben. Es wird sich also auf dem Papierblatte eine Schraffirung aus dunklen Linien bilden, in welcher die Buchstaben oder die Zeichnung in der hellen Farbe des Papiers sichtbar sind. Ebenso kann man auch den ganzen Cylinder mit Lackfarbe überziehen und das zu übertragende Bild oder die Schriftzüge in den Ueberzug einradiren. Es wird der Strom jetzt nur cirkuliren, wenn die Spitze eine radirte Stelle trifft und dadurch in metallische Verbindung mit der Walze tritt. Das Bild auf dem Papierblatte wird dann aus schwarzen Punkten auf weißem Grunde bestehen.

Dieser Bakewell'sche Copirtelegraph hat das Interesse des Publicums durch seine auf den ersten Blick wunderbar scheinende Leistung stets in hohem Grade in Anspruch genommen. Er ist häufig neu erfunden und vielfach verändert, ohne dadurch wesentlich verbessert zu werden, und man könnte ihn mit einigem Rechte die telegraphische Seeschlange nennen, die die Welt von Zeit zu Zeit durch ihr Auftauchen aus der Vergessenheit in Bewegung setzt, um dann wieder spurlos zu verschwinden! In der That wird dies System nie eine größere practische Bedeutung erlangen, wenn auch die mechanischen Schwierigkeiten vollständig überwunden werden. Die Gründe liegen theils in später zu erörternden Eigenthümlichkeiten der Leitungen, welche die Anwendung der electrochemischen Telegraphen sehr erschweren, hauptsächlich aber darin, daß die Nachbildung der für die Menschenhand, aber nicht für die telegraphische Uebertragung zweckmäßigen Schriftzeichen einer weit größern Zahl von telegraphischen Elementarzeichen bedarf, wie ein Steinheil'sches oder Morse'sches Schriftzeichen, welches speciell für diesen Zweck combinirt ist. Bei Anwendung solcher telegraphischen Schriftzeichen, welche aus den einfachsten Combi-

nationen zweier Elementarzeichen beim Morse'schen Alphabet — des Punktes und Striches — bestehen, wird man also durch einen Leitungsdraht in derselben Zeit eine weit größere Zahl von Depeschen geben können, wie bei der Copirung der gebräuchlichen Schriftzeichen der Hand durch den Copir-Telegraphen Bakewell's oder die seiner Nachfolger.

Dieser theoretische Vorzug derjenigen Telegraphen, welche die einfachsten Combinationen von Elementarzeichen für die Bildung der telegraphischen Zeichen benutzen, giebt ihnen auch den Zeiger- und Lettern-Drucktelegraphen gegenüber ein bleibendes Uebergewicht. Um den Zeiger oder das Typenrad vom ersten zum letzten Buchstaben des Alphabetes zu bringen, sind, wie früher auseinandergesetzt ist, mindestens halb so viel Ströme erforderlich, wie dasselbe Buchstaben enthält, also bedarf auch die Herstellung eines telegraphischen Zeichens bei ihnen einer größeren durchschnittlichen Zahl von Strömungen wie beim Morse'schen Telegraphen. Der letztere ist daher einer größeren Transmissionsgeschwindigkeit fähig, da die Menge der durch eine Leitung in einer bestimmten Zeit zu gebenden Ströme eine begränzte ist. Auch der Bain'sche und der auf dasselbe Princip begründete Hughes'sche Drucktelegraph machen hiervon keine Ausnahme, obgleich sie nur eines Stromwechsels zur Darstellung eines Letterndruckes bedürfen, da es für die Transmissionsgeschwindigkeit ganz gleichgültig ist, ob die Zeit der Drehung des Typenrades durch einen dauernden Strom oder durch eine Reihe kurzer Ströme ausgefüllt wird. Entscheidend ist nur die Dauer des einzelnen Stromes, welcher ein Elementarzeichen, also den Fortgang des Druckrades, um einen Schritt, auszuführen im Stande ist und die mittlere Zahl oder das ihr entsprechende Zeitintervall solcher Strömungen, das zur Herstellung eines telegraphischen Zeichens durchschnittlich erforderlich ist. Bei kürzeren Telegraphenlinien, bei welchen die Kosten

der Anlage und Erhaltung der Leitung nicht, wie bei langen Linien, sehr überwiegend über die Kosten der Arbeit der Depeschenbeförderung sind, kommt es jedoch weniger darauf an, möglichst viele Depeschen in einer bestimmten Zeit durch einen Leitungsdraht schicken zu können, als vielmehr darauf, die Arbeit des Gebens und Empfangens möglichst klein zu machen. Die Richtung, in welcher die Telegraphie sich weiter entwickeln wird, muß also aller Wahrscheinlichkeit nach die sein, daß für die Korrespondenz entfernter Orte und Länder mit einander die Uebertragung der Morseschrift auf mechanischem Wege, für die Korrespondenz näher an einander liegender Orte dagegen der Letterndruck in allgemeine Anwendung kommen wird.

Wie aus der obigen Schilderung der allmähligen Entwickelung des Gedankens der electrischen Telegraphie zu den jetzt gebräuchlichen Instrumenten hervorgeht, waren es hauptsächlich practische Schwierigkeiten, welche erst im Laufe der Zeit überwunden wurden. Der Gelehrte konnte leicht Methoden und Combinationen ersinnen, welche telegraphische Mittheilungen möglich machten und welche sich auch, im Zimmer versucht, trefflich bewährten. In Wirklichkeit trat aber ein neues schlimmes Element hinzu, welches seine Pläne durchkreuzte — die isolirte Leitung zwischen den telegraphisch zu verbindenden Orten.

Um die großen Schwierigkeiten, welche diese herbeiführte, richtig würdigen zu können, muß man sich klar machen, welche Anforderungen an eine gute Leitung gestellt werden müssen und welchen Gefahren aller Art dieselbe ausgesetzt ist. Der Leitungsdraht muß nicht nur in ununterbrochenem metallischen Zusammenhange von einem Ende bis zum anderen stehen, er darf auf diesem ganzen langen Wege an keinem einzigen Punkte in gut leitender Verbindung mit dem Erdboden stehen. Eine solche leitende Verbindung wird durch jeden metallischen oder auch nur feuchten Körper, welcher gleichzeitig den Draht und die Erde

berührt, ja sogar durch die benetzte Oberfläche eines nichtleitenden Körpers hergestellt! Hätte man also auch den Draht mit Glas, Porzellan oder Kautschouk von den hölzernen, im trocknen Zustande selbst schon ziemlich gut isolirenden Pfosten, die ihn vom Erdboden entfernt halten, getrennt, so benetzte doch jeder an irgend einer Stelle der Leitung eintretende Regenfall die Oberfläche der Isolatoren und stellte eine leitende Verbindung mit dem Erdboden her, durch welche die Electricität diesem direct zugeführt wurde, anstatt den großen Umweg durch den Apparat der entfernten Station hindurch zu machen. Selbst bei trocknem Wetter gefährden die leitenden Blätter der Bäume, wenn sie durch den Wind an den Draht getrieben werden, dessen Isolation. Jede Gewitterwolke, die sich an irgend einer Stelle der Leitung dieser nähert oder von ihr entfernt, jede Störung des magnetischen Gleichgewichtes der Erde, wie sie namentlich bei Nordlichten stark auftritt, erzeugt electrische Ströme in der Leitung, welche ebenso wie die unvollständige und veränderliche Isolation derselben die regelmäßige Function der Apparate stören. Ein in die Leitung irgendwo einschlagender Blitz zerstört oft ganze Strecken derselben und mit ihr die Apparate der benachbarten Stationen, wenn sie nicht durch gute Blitzableiter vor seiner Wirkung geschützt sind. Berücksichtigt man hierbei noch die unzähligen Ereignisse aller Art, welche Drähten, Isolatoren und Pfosten Zerstörung drohen, so erscheint es noch jetzt oft wunderbar, daß Leitungen, welche ununterbrochen die halbe Erdperipherie umkreisen, in oft längere Zeit ungestörtem Betriebe sein können.

Erst allmählig lehrte Nachdenken und Erfahrung diese störenden und zerstörenden Einflüsse entweder zu beseitigen oder doch unschädlich zu machen. Durch die Glockenform der Isolatoren wurde eine stets trocken bleibende Oberfläche des Isolators gebildet, welche die Isolirung des Drahtes auch bei Re-

genwetter sicherte. Dicke Eisendrähte, die man anstatt der kupfernen verwendete, widerstanden dem Sturme, dem Reife und der Zerstörung durch den Blitz und Muthwillen besser wie die früheren kupfernen. Dasselbe thaten starke Pfosten, die man an Stelle der früheren dünnen Stangen verwendete. Endlich lernte man die telegraphischen Apparate so zu construiren, daß sie auch bei großen Schwankungen der Stromstärke noch ungestört und richtig functionirten.

Nicht mit Unrecht erschien den Männern, welche zuerst den Gedanken des electrischen Telegraphen faßten und pflegten, die eben geschilderten Schwierigkeiten der oberirdischen Leitungen so unüberwindlich groß, daß sie es viel leichter ausführbar hielten, die Leitungsdrähte mit einem isolirenden Ueberzuge zu versehen und so in den Boden einzugraben. Sömmering wollte seine 27 Drähte einzeln mit Seide überspinnen und dann zusammen durch Glas- oder Thonröhren vom Erdboden isoliren. Gauß und Weber, so wie auch Steinheil, benutzten zwar schon oberirdische Leitungen, doch widerstanden dieselben nur kurze Zeit den zerstörenden Einflüssen aller Art und gaben auch während ihrer Dauer zu fortwährenden Störungen der Depeschenbeförderung Veranlassung.

Den Amerikanern und Engländern gelang es zuerst, die Schwierigkeiten der oberirdischen Drahtführung einigermaßen zu überwinden. Auf dem europäischen Continente versuchte man dagegen anfänglich das unterirdische Leitungssystem practisch durchzuführen, da man hier mehr wie in jenen Ländern muthwillige Zerstörung der aller Welt sichtbaren und zugänglichen oberirdischen Leitungen fürchtete. Jacobi in Petersburg machte ausgedehnte Versuche mit Kupferdrähten, die durch Umwindung mit Kautschouk und durch übergezogene Glasröhren vom Erdboden isolirt wurden. Es zeigte sich aber bald, daß auf diesem Wege keine ausreichende Isolation erreicht wurde, da die

Feuchtigkeit des Bodens durch die Nähte des Kautschouks und die Verbindungsstellen der Glasröhren sich einen Weg zum Drahte bahnte und die letzteren auch häufig zerbrachen. In Preußen begann man zwar mit oberirdischen Drähten, ward aber durch die häufig eintretenden Störungen wieder davon zurückgeschreckt. Nachdem man dann den von Jacobi betretenen Weg geprüft und ebenfalls als unbrauchbar erkannt hatte, versuchte man auf einem anderen, vielversprechenden Wege die Herstellung sicherer unterirdischer Leitungen. Es war im Jahre 1846 ein neues Material, die gutta percha, bekannt geworden, welche viele Eigenschaften, worunter die ausgezeichnete isolirende Eigenschaft, mit dem Kautschouk gemein hat, sich aber von demselben wesentlich dadurch unterscheidet, daß sie im erwärmten Zustande einen plastischen Teig bildet. Die Schwierigkeit, diesen Teig zu einer den Draht eng umschließenden Röhre ohne Naht zu formen, wurde durch eine eigenthümliche Maschine beseitigt, welche die weiche gutta percha durch starken Druck continuirlich um die die Maschine passirenden Drähte legte. Die so hergestellten Leitungen waren in der That vollständig ausreichend isolirt und functionirten auf den ausgedehnten Linien, die in Norddeutschland in den nächsten Jahren in zu großer Uebereilung angelegt wurden, mit vollständiger Sicherheit. Die Schwierigkeiten der Auffindung fehlerhafter Stellen und unzählige andere wurden zwar ebenfalls glücklich überwunden — es stellte sich aber trotzdem bald heraus, daß die Leitungen, die ohne besonderen äußeren Schutz in den Boden gelegt wurden, unhaltbar waren. Die gutta percha wurde von Ratten und Mäusen zernagt und wurde namentlich durch den Sauerstoff der Luft, welcher durch den lockeren Boden bis zu den Drähten gelangte, dergestalt verändert, daß sie ihren Zusammenhang und ihre isolirende Fähigkeit schon nach wenig Jahren einbüßte.

Seit diesen ungünstigen Erfahrungen ist man überall, wo

sie irgend anwendbar sind, zu oberirdischen Leitungen übergegangen, die inzwischen wesentliche Verbesserungen erfahren haben. Fast alle europäischen Länder sind jetzt von einem eisernen Drahtnetz überspannt, durch welches der electrische Bote die Gedanken und Nachrichten der Menschen in wunderbarer Geschwindigkeit von Ort zu Ort, vom atlantischen Meere zum indischen und stillen Ocean befördert! Der stets wachsende telegraphische Verkehr macht natürlich eine immer größer werdende Zahl von Leitungsdrähten erforderlich, die in manchen Gegenden schon schwer an den Pfosten, welche schon alle Eisenbahnen und viele Straßen begleiten, in der für die sichere Isolirung nöthigen Entfernung von einander anzubringen sind. Diese Schwierigkeit und die Erfahrung, daß mit der Zahl der Drähte die Sicherheit jedes einzelnen sich vermindert, wird wahrscheinlich mit der Zeit wieder zum verlassenen unterirdischen Systeme zurückführen. Für dieses ist jetzt durch die Entwickelung der unterseeischen oder submarinen Telegraphie eine bessere Erfahrungsgrundlage gegeben. Versuche, breite Flüsse und kleine Meeresarme durch Versenkung isolirter Drähte telegraphisch zu unterbrücken, waren schon vor den preußischen Versuchen mehrfach angestellt, doch immer mit ungünstigem Erfolge. Erst die um die Drähte gepreßte gutta percha bot ein Mittel der sicheren Isolirung und machte submarine Leitungen möglich. Die ersten auf diese Weise hergestellten Unterwasserleitungen waren eine im Frühjahr des Jahres 1848 ausgeführte Leitung im Kieler Hafen zur Entzündung von unterseeischen Minen, welche gegen die dänischen Kriegsschiffe angelegt wurden, und der Uebergang über den Rhein bei Cöln. Bald darauf bemächtigten die Engländer sich dieses Mittels zur Herstellung größerer submariner Leitungen. Die mit gutta percha umpreßten Drähte wurden zu dem Zwecke erst mit getheertem Hanf und dann mit Eisendrähten dicht umwunden, wodurch sie eine große Festigkeit er-

hielten und vor äußeren Beschädigungen geschützt waren. Ein solches electrisches Drahtseil oder Kabel wird in ähnlicher Weise, wie die Schiffer ihre Seile zusammenrollen, in den Raum des zum Auslegen bestimmten Dampfschiffes eingelegt. Ist das Schiff an dem Küstenpunkte angekommen, von wo die Legung beginnen soll, so wird zuerst vom Lande aus, durch die Brandung hindurch bis zum tiefen Wasser, ein mit sehr dicken Eisendrähten umwundenes, sogenanntes Küstenkabel gelegt, welches der Zerstörung mehr widersteht wie das dünnere, für das tiefe Wasser, wo diese Gefahren weit geringer sind, bestimmte Kabel. Nachdem das Ende dieses Küstenkabels mit dem zuletzt eingelegten Ende des auf dem Schiffe befindlichen Kabels sicher verbunden ist, beginnt das Schiff seine Fahrt zum anderen Küstenpunkte. Ist es hier wieder glücklich in flachem Wasser angekommen, so wird das Ende des Tiefseekabels wieder mit dem schon im Voraus gelegten Küstenkabel verbunden, wodurch die telegraphische Verbindung dann vollendet ist.

Diese so einfach erscheinende Operation ist aber trotzdem ein sehr schwieriges und gefahrvolles Unternehmen, besonders dann, wenn die Wassertiefe groß ist. Während das Schiff durch die Kraft seiner Maschine dem Ziele zueilt, und das Kabel über eine neben dem Steuer angebrachte Rolle dem Meere zugeführt wird, sinkt es hinter dem Schiffe in Folge der Schwerkraft langsam bis zum Boden des Meeres. Würde das Kabel durch keine dieser Schwere entgegenwirkende Kraft auf dem Schiffe zurückgehalten, so würde es in großer Geschwindigkeit auf der vom Wasser gebildeten schiefen Ebene in die Tiefe hinabgleiten. Um dies zu verhindern, muß es durch Bremsvorrichtungen mit einer Kraft zurückgehalten werden, welche dem Gewicht eines senkrecht vom Schiffe bis zum Meeresboden hinabhängenden Kabelstückes möglichst genau gleich ist. Bei großer Meerestiefe, die oft eine halbe geographische Meile übersteigt, ist diese Kraft

so bedeutend, daß die Gefahr des Reißens des Kabels bei der geringsten Störung groß wird. Wird die Auslegemaschine auch nur einen Augenblick unbrauchbar, oder wird das Kabel durch andere Gründe, durch Verwickelung oder in Folge des häufig vorkommenden Brechens eines Umhüllungsdrahtes, auf dem Wege aus dem Schiffsbauche bis zum Wasser festgehalten, so ist es in tiefem Wasser gewöhnlich verloren. Doch auch ohne zu reißen, kann das Kabel unbrauchbar werden, wenn die isolirende Hülle des Drahtes die geringste Beschädigung hat oder erhält, durch welche das Wasser Zutritt zum Leitungsdrahte findet. Durch die sorgfältigste Prüfung, während und nach der Anfertigung, hat man sich zwar vorher überzeugt, daß der isolirende Ueberzug fehlerfrei ist, aber der starke Zug, dem das Kabel während der Legung ausgesetzt wird, bringt doch hin und wieder Isolationsfehler zum Vorschein, die vorher nicht zu bemerken waren. Es muß das Kabel daher während der Legung einer unausgesetzten electrischen Prüfung unterworfen werden. Zeigt sich ein Isolationsfehler, so muß die Legung sofort unterbrochen und der zuletzt gelegte Theil des Kabels wieder in das Schiff zurückgewunden werden. Aus den angestellten electrischen Strommessungen muß dann die Lage des Fehlers bestimmt und die Reparatur darauf ausgeführt werden. Reißt das Kabel hierbei, so ist zwar der bisher gelegte Theil desselben verloren, aber doch wenigstens der noch auf dem Schiffe befindliche Theil gerettet.

Auf eine nähere Beschreibung der Einrichtungen und Untersuchungsmethoden, mit Hülfe deren es gelungen ist, die große Unsicherheit der Anfertigung und Legung der submarinen Kabel nach und nach so weit zu beseitigen, daß im Laufe dieses Jahres sogar das große bisherige Problem der Telegraphie, die Herstellung einer directen telegraphischen Leitung zwischen Europa und Amerika glücklich gelöst werden konnte, kann we-

gen des begränzten Raumes und Zweckes dieser Blätter hier nicht näher eingegangen werden.

Diese telegraphische Verbindung der Westküste Irlands mit der Küste von New-Foundland ist nicht nur bemerkenswerth wegen der glücklich durchgeführten fehlerfreien Anfertigung und Legung des ca. 300 deutsche Meilen langen Kabels, sondern auch wegen der unerwartet großen Geschwindigkeit und Sicherheit, mit welcher die Depeschenbeförderung durch dasselbe erfolgt!

Bereits im Jahre 1848 erkannte man eine eigenthümliche Eigenschaft der von Berlin ausgehenden unterirdischen Leitungen. Diese besteht darin, daß der electrische Strom nicht, wie bei oberirdischen Leitungen, in seiner ganzen Länge gleichzeitig und im selben Augenblicke, in welchem man den Leitungskreis mit dem freien Pole einer electrischen Batterie berührt, auftritt, sondern daß der Strom etwas später am entfernten Ende der Leitung beginnt wie an dem der Batterie zugewendeten. Es hat dies darin seinen Grund, daß der Draht mit der seine isolirende Hülle umgebenden feuchten Erde eine Leydener Flasche bildet, in welcher die Electricität sich ansammelt. Die aus der galvanischen Batterie in den unterirdischen oder unterseeischen Draht eintretende Electricität muß daher zunächst dazu verwandt werden, die große Leydener Flasche, welche er bildet, mit Electricität zu füllen oder sie zu laden, und erst nachdem dies geschehen ist, kann der Strom am entfernten Ende der Leitung beginnen. Wird die Verbindung des Drahtes mit der galvanischen Batterie unterbrochen, so hört die Ursache der Ladung auf und die auf der Oberfläche des Drahtes angesammelt ruhende Electricität fließt nun durch das entfernte Ende der Leitung zur Erde, wodurch die Flasche sich wieder entladet. Der Strom beginnt also nicht nur später am entfernten Ende der Leitung, sondern hört auch später wieder auf. Man kann sich diesen Vorgang ungefähr so vorstellen, als wenn man durch ein

langes dünnes Rohr mit elastischen Wänden Luft pumpen wollte. In der Nähe der Pumpe würde sich das Rohr bei jedem Pumpenstoße durch den elastischen Druck der hineingetriebenen Luft erweitern. Diese Erweiterung würde in abnehmendem Maaße bis zum andern offenen Ende des Rohres fortgehen und der Austritt der Luft aus demselben würde erst in voller Stärke beginnen, wenn das Rohr eine kegelförmige Form angenommen hätte. Nach Vollendung des Pumpenstoßes würde das Rohr sich wieder auf seinen normalen Durchmesser zusammenziehen und die überflüssige Luft aus dem entfernten Rohrende hinausgehen. Würde ein zweiter Kolbenstoß beginnen, bevor diese Ausströmung vorüber ist, so würde die Luft nicht stoßweise aus dem entfernten Ende hervortreten, sondern der Strom würde gar nicht mehr aufhören, und stets Luft ausfließen, wenn auch in wechselnder Geschwindigkeit.

Aehnlich ist das Verhalten der Electricität in der unterirdischen Leitung oder dem unterseeischen Kabel. Folgen die electrischen Strömungen, durch welche man eine Nachricht geben will, zu schnell auf einander, so wird ein ununterbrochener Strom am anderen Ende zum Vorschein kommen, welcher zwar kleine Schwankungen in seiner Stärke zeigt, aber die Dauer der einzelnen gegebenen Ströme nicht mehr klar erkennen, geschweige mechanisch dauernd sichtbar machen läßt. Man muß also auf unterseeischen Linien weit langsamer sprechen als auf oberirdischen, um klare Zeichen zu erhalten. Durch Anwendung von Wechselströmen, das heißt von abwechselnd positiven und negativen Strömen, hat man diese störenden Einflüsse zwar wesentlich vermindert und das Sprechen durch lange unterseeische Leitungen sicherer gemacht und beschleunigt; sie ganz zu beseitigen, wird aber nie möglich werden. Beim atlantischen Kabel wendet man jetzt Empfangs-Instrumente an, welche im Princip ganz mit denen, welche

Gauß und Weber benutzten, übereinstimmen. Es sind dies Spiegelgalvanometer, d. h. Magnetnadeln, an welchen kleine Spiegel befestigt sind. Der Beobachter sieht in diesem Spiegel das Bild einer kleinen Flamme — wie du Bois=Reymond dies bei seinen Vorlesungen zur Sichtbarmachung schwacher Nerven und Muskelströme zuerst benutzte. Aus dem Hin= und Zurückzucken des Flämmchens, das durch die sehr schwachen Ströme bewirkt wird, die als Endresultat der kräftigen Wechselströme, welche in die Leitung geschickt werden, am empfangenden Ende der Leitung zum Vorschein kommen, muß der Beobachter den Sinn der Depeschen entziffern.

Bei oberirdischen Leitungen sind die Ladungserscheinungen, welche die Benutzung langer unterseeischer und unterirdischer Leitungen so sehr erschweren, wie schon gesagt, kaum bemerkbar. Man kann aber dennoch auch eine oberirdische Leitung als eine Leydener Flasche ansehen, bei der der Draht und der Erdboden die Belegungen und die zwischen Draht und Erde befindliche Luft die isolirende Glaswand vertritt. Auch der oberirdische Leitungsdraht muß mithin mit Electricität geladen werden, bevor der Strom am entfernten Ende beginnen kann. Der hierdurch bedingte Zeitverlust ist aber wegen des geringen Fassungsvermögens dieser Drahtflasche so gering, daß er beim Telegraphiren durch die Hand nicht in Betracht kommt. Dagegen tritt er schon merklich auf beim mechanischen Telegraphiren, bei welchem man sich der Gränze der Leistungsfähigkeit des Leitungsdrahtes schon nähert. Je länger und dünner dieser ist, desto geringer ist die Zahl der telegraphischen Zeichen, die man durch ihn in derselben Zeit befördern kann. Auch aus diesem Grunde ist es nicht zweckmäßig, zu lange Leitungskreise zu benutzen, und vortheilhafter Translationsstationen einzuschieben, wenn die Depeschen sehr lange Wegstrecken zu durchlaufen haben.

Die Frage, welches die größte Geschwindigkeit ist, mit

welcher ein Draht Depeschen zu befördern im Stande ist, kann nach Obigem nicht allgemein beantwortet werden, da dieselbe von der Zeit, welche der electrische Strom gebraucht, um am anderen Ende der Leitung aufzutreten, oder, wie man es auch mit Unrecht ausdrückt, von der Geschwindigkeit der Electricität im Drahte abhängt, und da diese Zeit von der Länge und dem Querschnitte des Drahtes und von seiner Entfernung von anderen Leitern, sowie auch von der größeren oder geringeren Leitungsfähigkeit des Metalles, aus dem er besteht, abhängig ist. Durch Rechnung hat man gefunden, daß die wirkliche Geschwindigkeit der Electricität selbst größer ist wie die des Lichtes, also über 40,000 deutsche Meilen in der Secunde. Da man aber keinen Draht ausspannen kann, der keine Flaschenwirkung hat, so ist die Fortpflanzung der electrischen Wirkung in allen telegraphischen Leitern eine weit geringere, besonders bei unterseeischen Drähten, bei welchen jene besonders groß ist. Zuverlässige Versuche über die wirkliche Größe derselben liegen noch nicht vor.

Wie man sieht, haben Wissenschaft und Technik noch ein weites Arbeitsfeld vor sich, um die Telegraphie theoretisch und practisch so fortzubilden, daß sie den täglich größer werdenden Anforderungen, welche das sociale Leben an sie stellt, dauernd genügen könne!

Berlin, Druck von Gebr. Unger (C. Unger), Königl. Hofbuchdrucker.



Sammlung
gemeinverständlicher
wissenschaftlicher Vorträge

herausgegeben von

Rud. Virchow und **Fr. v. Holtzendorff.**

Heft 23.

Berlin, 1866.
C. G. Lüderitz'sche Verlagsbuchhandlung.
A. Charisius.